

M-Vロケットのサイドジェット（SJ）

志田真樹*，上杉邦憲*，澤井秀次郎*，森治*，中塚潤一*
古川克己**，山川道弘**，松尾哲也**

1. はじめに

M-Vロケットのサイドジェット（SJ）は、TVCとともに機体の姿勢制御用に第3段に搭載されているもので、基本的にはM-3S IIのヒドラジンSJをベースに設計し、軽量化と耐熱化を図ったものである。

5号機以降のSJでは、M-3S IIからM-Vの4号機までのSJにおいて、従来から採用してきた調圧方式の燃料押圧設計を、MUSES-B等の各種衛星用RCSで実績のあるブローダウン方式へ変更した。

本燃料押圧方式の変更により、調圧弁、安全弁などの各種バルブやセンサなどの部品も不要となり、質量が大幅に軽減されるとともに、システムの簡素化、安全性の向上、信頼性の向上、作業の簡素化に寄与することとなった。

また5号機に限っては、SJに要求される制御時間・制御量が少なく、軽量化を重視するという方針から、GN₂タンクを無くし、必要量だけ充填した燃料タンクの空所容積に押しガスである窒素ガスを同封した。これによって更なる軽量化を図っている。

以下、本章ではM-VのSJおよびこれに関連した地上設備について述べる。なお、打上げ号機が、5→6→8→7であったため、本章でもその順に記載する。

2. 研究開発の概要

2.1. 構造・構成

SJ部は、2個の燃料タンクモジュール、2個の押しガス用のGN₂タンク、4個1組のスラストで構成された4組のスラストモジュール、バルブモジュール、注排気弁モジュール、テストポートモジュール（1および3号機での名称は、背圧注気弁モジュール）および各モジュール間の配管より構成されている。なお5号機では、更なる軽量化という方針で、GN₂タンクを無くしている。個々の配置を図1に、系統を図2に示す。4号機までの形態と、5号機の形態、6～8号機の形態と3つに分けて示す。

それぞれのモジュールは、環状フレームというアルミハニカムの中空円盤に配置し、SJ単体で組立作業をしやすいうように一体ものとなっている。

また注排気弁モジュールおよびテストポートモジュールは、後部リングに取り付けられ、2/3段結合後もアクセスできるようになっている。フェアリングのアクセス窓を介して、フライト直前の加圧作業が行えるようになっている。後部リングとのI/Fを図3に示す。

* The Institute of Space and Astronautical Science (ISAS) / JAXA

** Nagasaki Shipyard & Machinery Works / Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

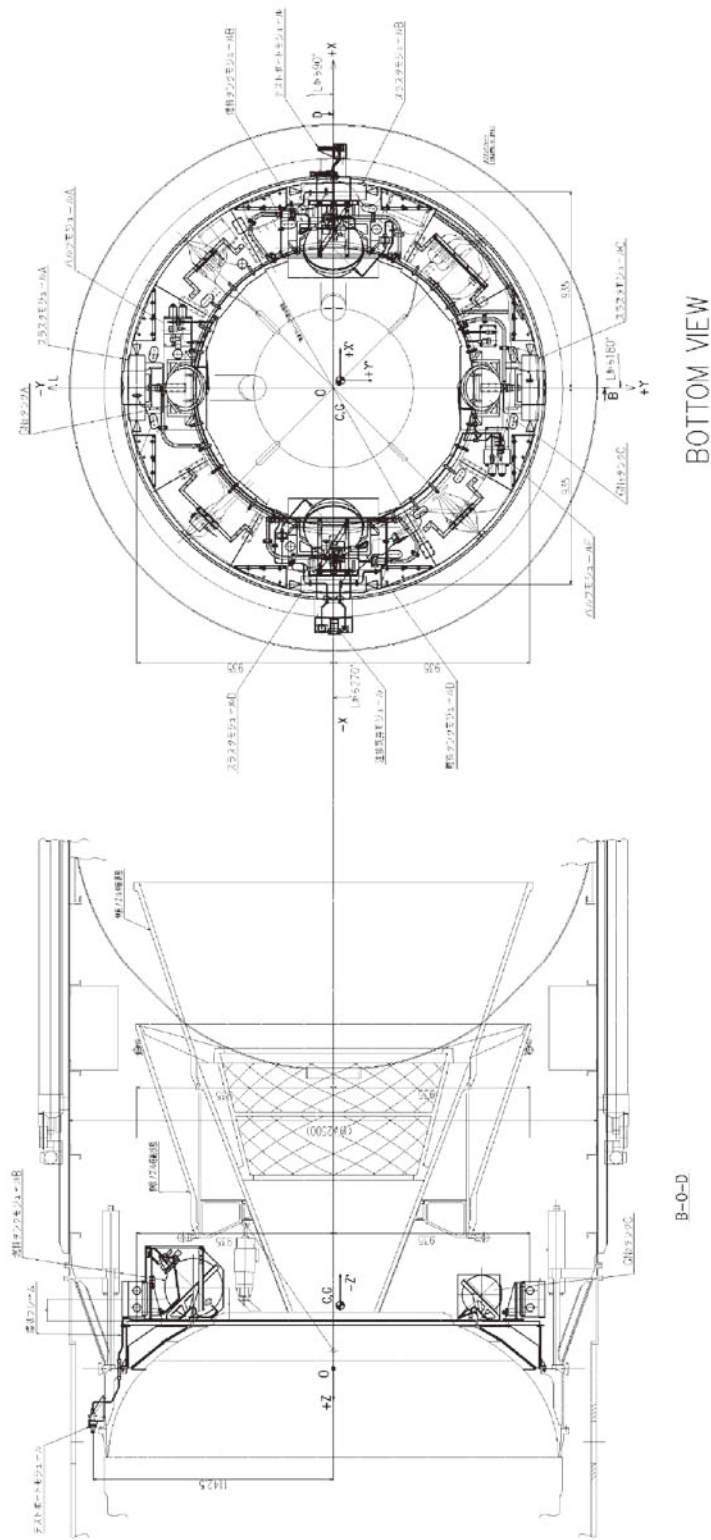


図1-1 SJ配置図 (1~4号機)

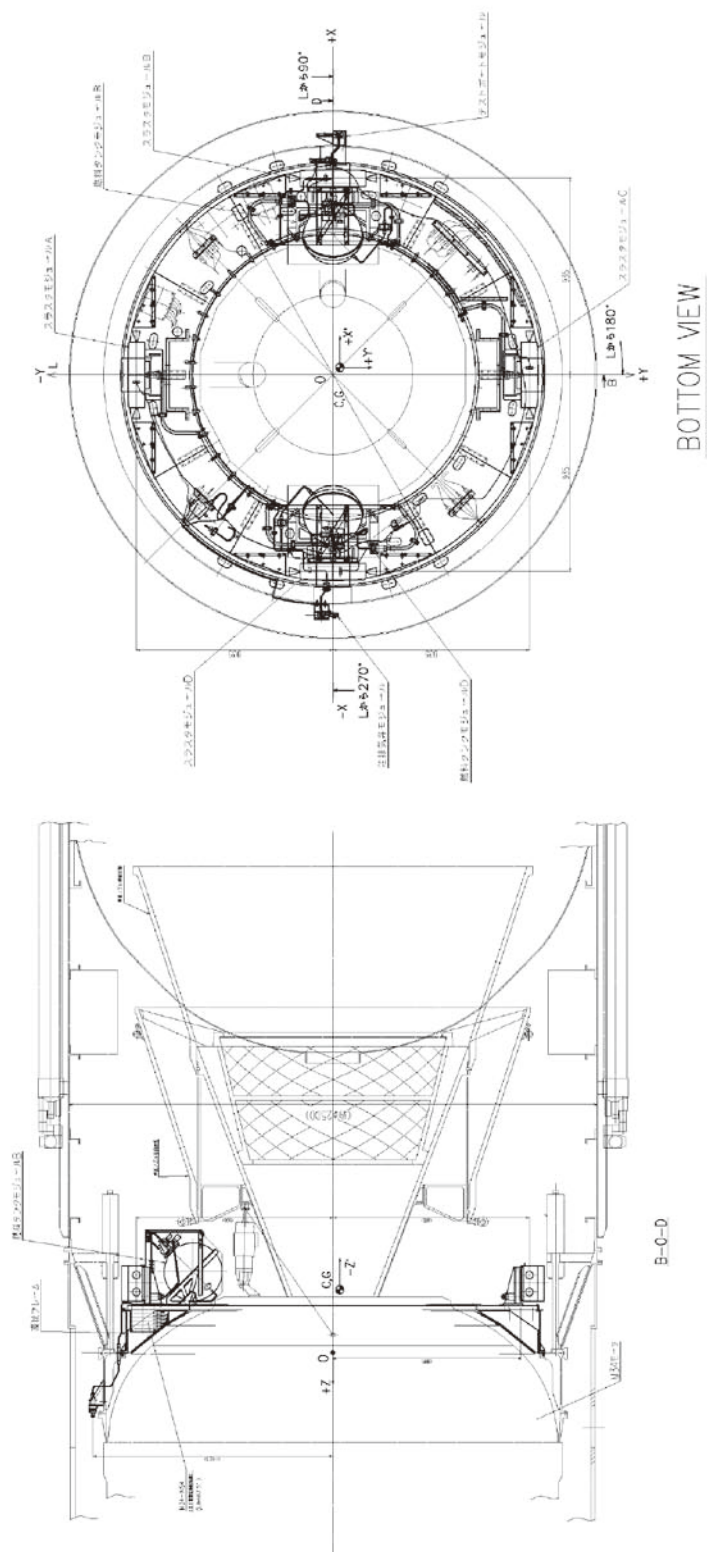


図1-2 SJ配置図 (5号機)

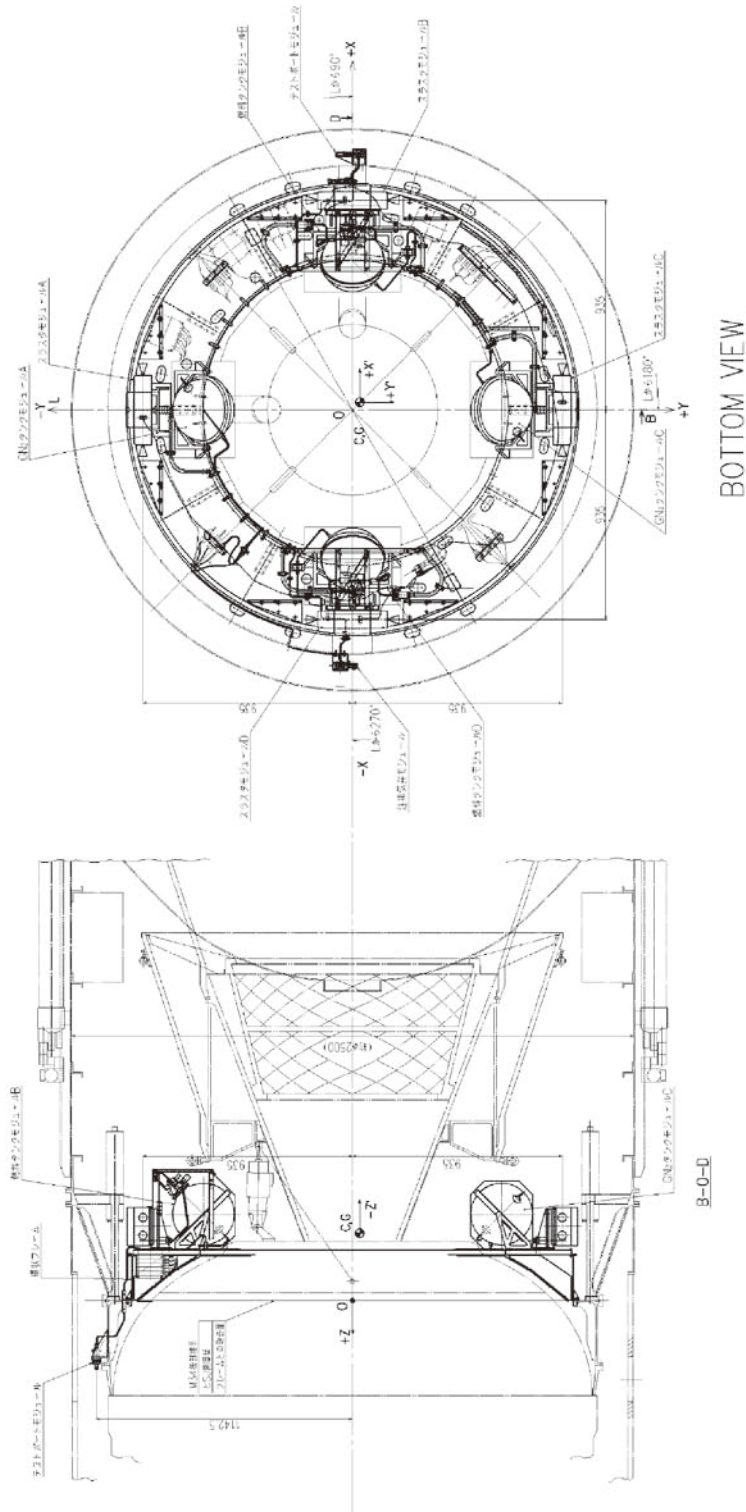


図1-3 SJ配置図 (6 ~ 8号機)

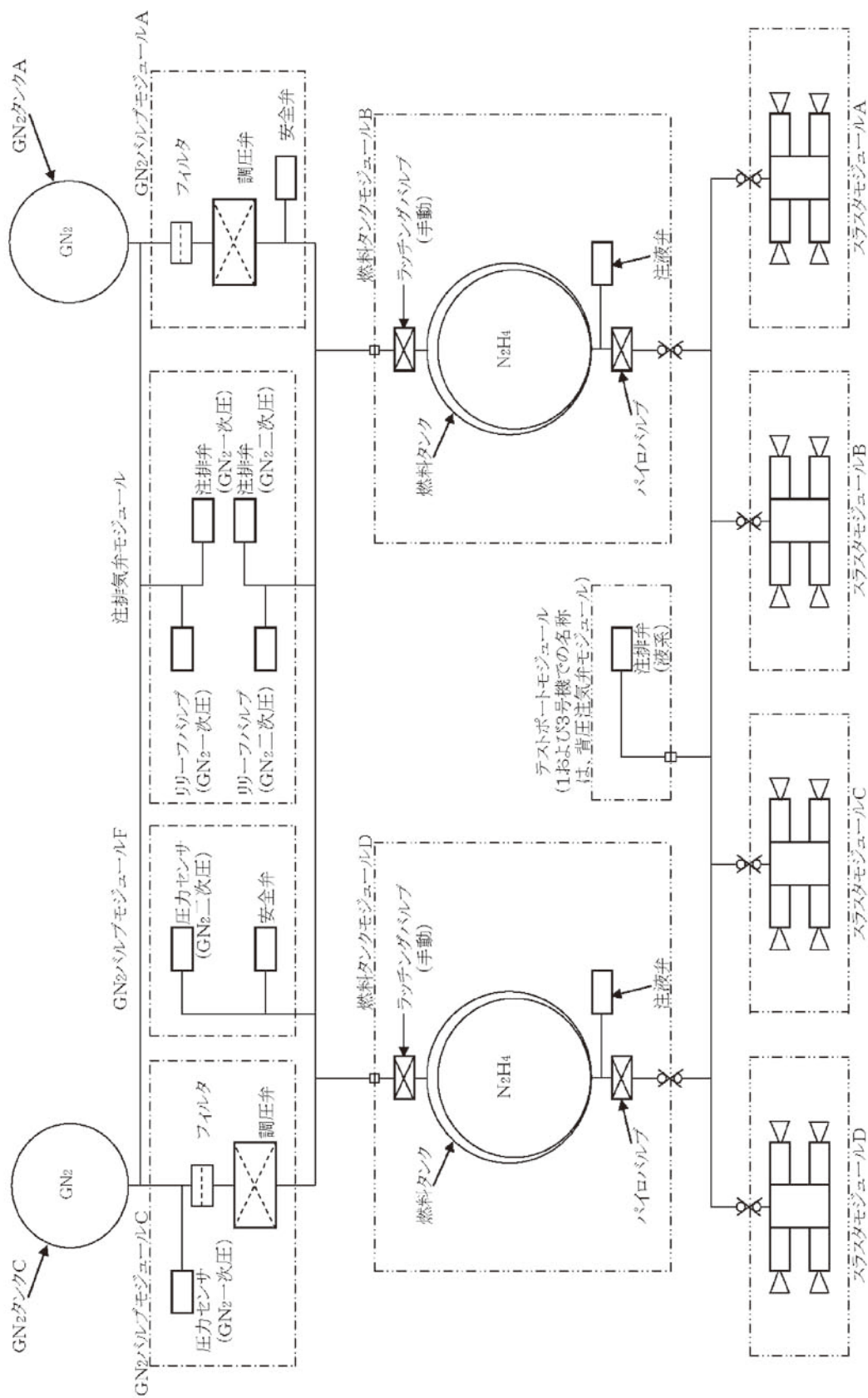


図2-1 SU (調圧型) 配管系統図 [1 ~ 4号機]

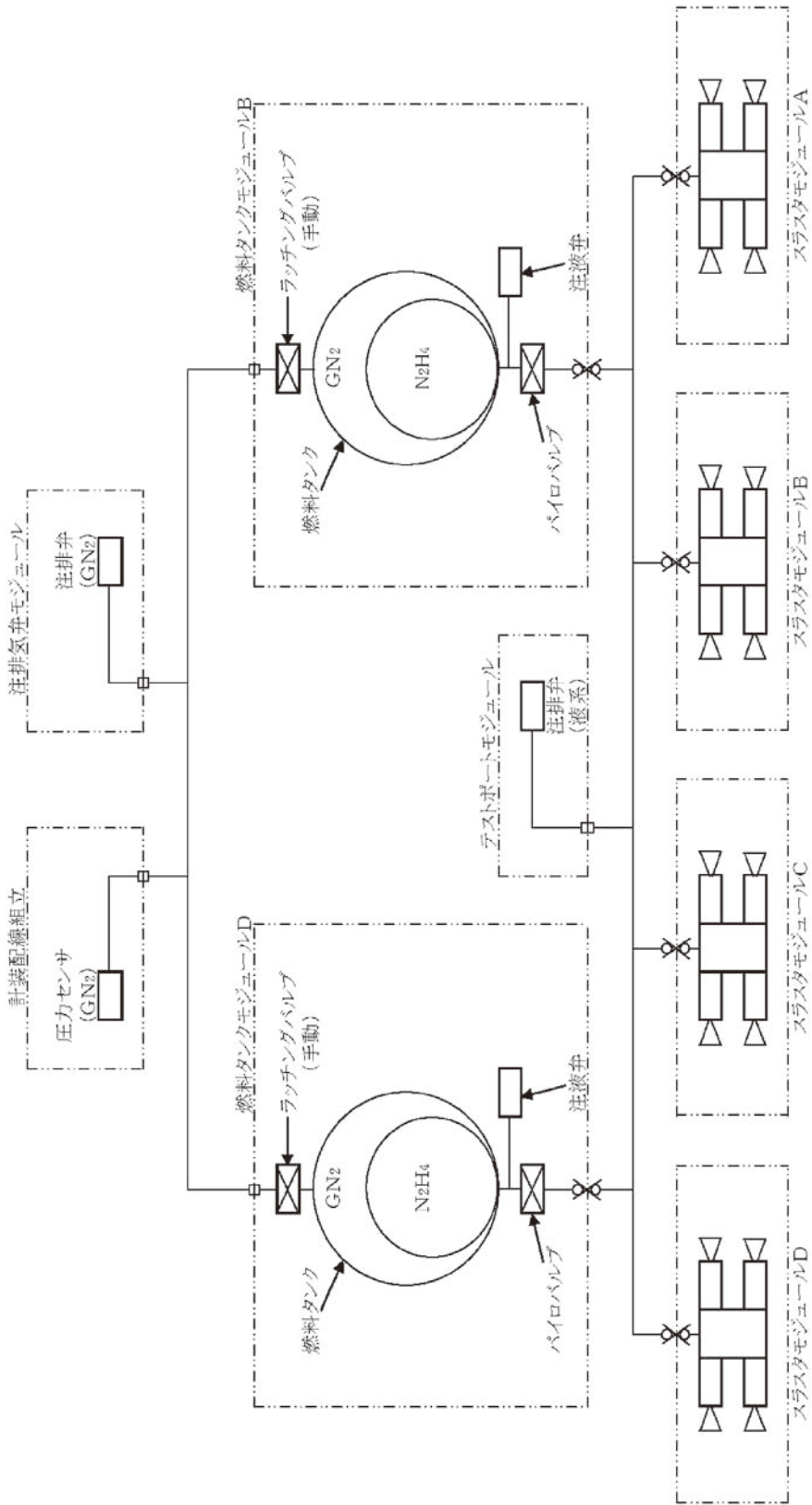


図2-2 SU (プロードダウン I 型) 配管系統図 [5号機]

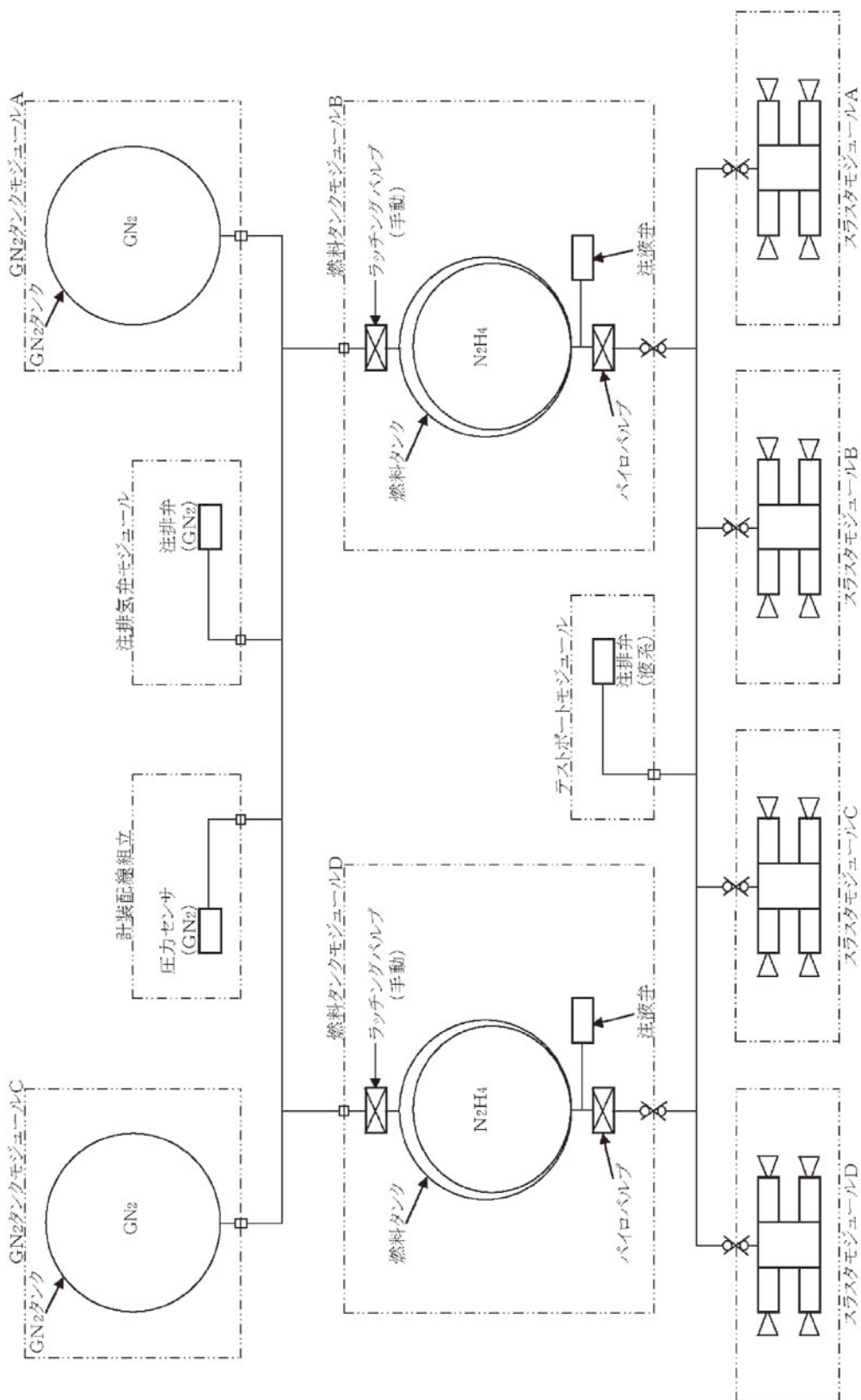
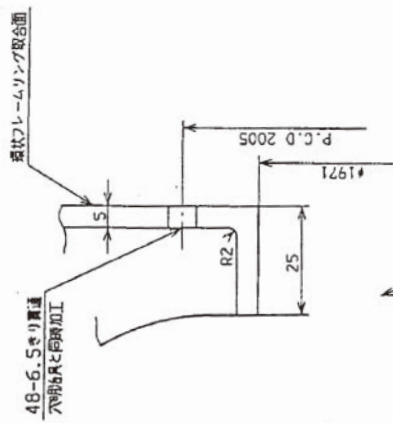
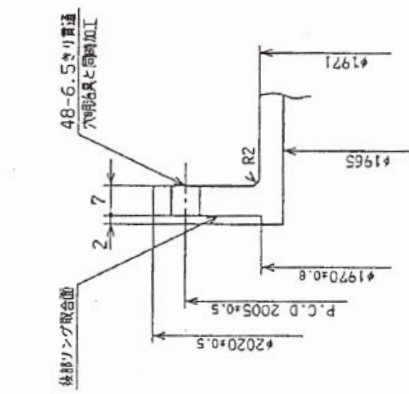
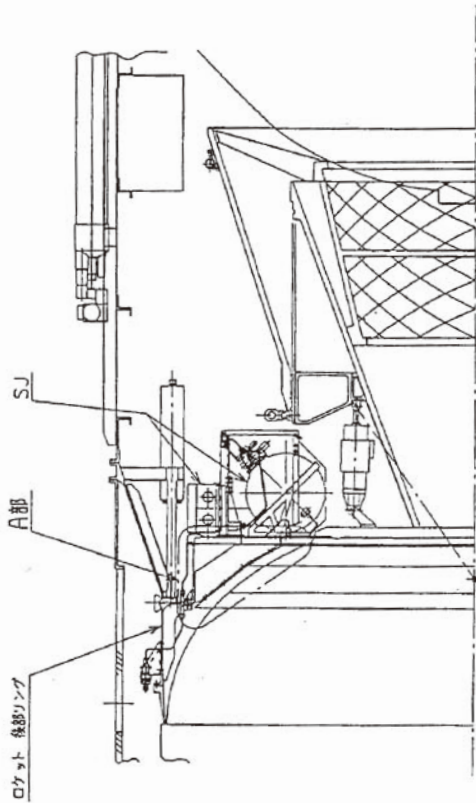


図2-3 SU (プローターダウンII型)配管系統図 [6～8号機]

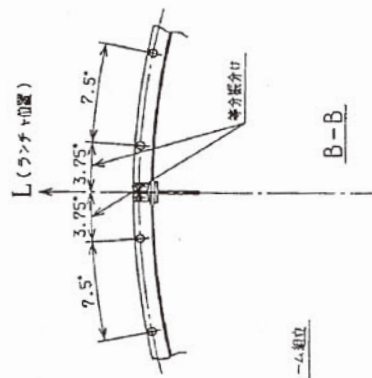
SJ 環状フレームリング部

ロケット 後部リング部



インターフェース部詳細

SJ搭載状態 全体図



A部詳細

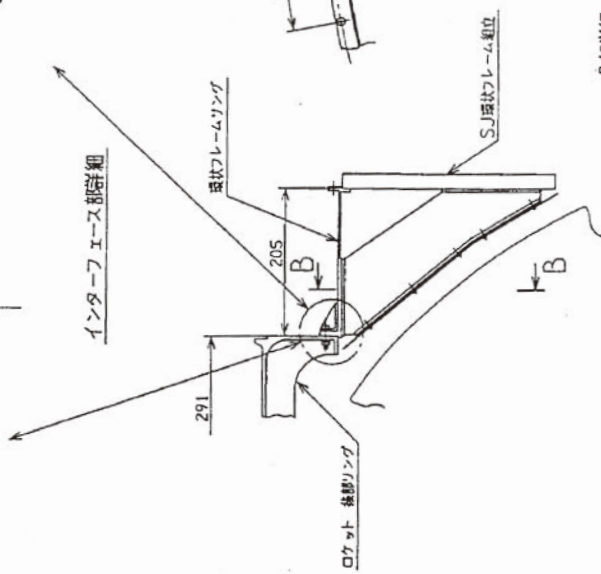


図3 M-34モーターSJインタフェース図

2.2. 設計諸元

SJに要求されている機能は、各号機により多少異なるが、概して次のとおりである。

- 1) 第2段分離後、第3段点火までのコースティング中の3軸姿勢制御
- 2) 第3段燃焼中のロール制御
- 3) 第3段燃焼終了直前の3軸指向制御
- 4) 3)までが各号機共通のSJの制御で、それ以降は、衛星等の都合により異なる。
 - a) 5号機
 - ① ANC (Active Nutation Control)
ANCは実際には行わなかった。分離前のスピンはスピンモータによる。
 - b) 6号機
 - ① パーキング軌道上でのコースティング中の3軸姿勢制御
(衛星を180度反転)
 - ② 熱対策 (バーベキュースピン)間引き制御
 - ③ 衛星分離前のスピニアップ
 - ④ 衛星分離後のデスピンおよびタンブル制御
 - ⑤ 再スピニアップ
 - c) 8号機
 - ① パーキング軌道上でのコースティング中の3軸姿勢制御
(衛星を180度反転)
 - ② 熱対策 (バーベキュースピン)間引き制御
 - ③ 衛星分離前のスピニアップ
 - ④ 衛星分離後のデスピンおよびタンブル制御
 - ⑤ RSAS実験用に、スピン
 - ⑥ サブペイロードCute1.7 + APD用に、ロールマヌーバ
 - ⑦ サブペイロードSSP用に、ロールマヌーバ
 - ⑧ 再スピニアップ
 - d) 7号機
 - ① パーキング軌道上でのコースティング中の3軸姿勢制御
(衛星の反転は行わず)
 - ② 衛星分離後のタンブル制御
(この衛星はノンスピンで分離する)
 - ③ サブペイロードHITSAT用に、ロールマヌーバ
 - ④ サブペイロードSSSAT用に、ロールマヌーバ
 - ⑤ サブペイロード・衛星との衝突回避のためのDe-orbitマヌーバ
 - ⑥ 熱対策 (バーベキュースピン)間引き制御
 - ⑦ スピニアップ

また推進枯渇を防止するために、制御ロジック上である一定期間噴射不可な状態にするという間引き制御も行っている。さらに各受信局合わせてロールマヌーバを行っている。

2.3. 性能諸元

この機能要求を満たすため、図4に示すM-Vの機体諸元（第2段分離後）に対して、表1に記載する一液式ヒドラジンスラスタ16基を第3段モータ後端部に搭載し姿勢制御を行う。その際のスラスタの配置を図5に示す。

スラスタ性能は、スラスタベットの所定温度（あるいは平衡温度）まで上昇している場合のもので、ベッド温度が低い時は、スラスタ性能が異なる。ミッションによっては、衛星打出し方向制御の直前にトルクを相殺する組み合わせで噴射を行い、16基のスラスタ性能（推力特性）を極力均一にすることも行っている。この姿勢制御を行うSJ全体の性能諸元を表2に示す。表3には、各コンポーネントの性能について記載する。なお、ヒドラジンの分解に用いている触媒は、8号機まではshell 405（アルミナにイリジウムを焼結させたもの）であったが、製造元が変わり、技術移転されたS-405を7号機では使用した。

燃料（ヒドラジン）は、タンク製造メーカーの工場で充填した後、第2組立オペの時にSJ環状フレームに組み込まれる。燃料充填後は、6ヶ月間充填状態での保管が可能である。

GN₂タンクには、窒素ガス充填・排気の際のタンク外壁温度をモニタできるように、地上モニタ用の熱電対がついている。また窒素ガスの圧力がテレメトリを介さずにモニタできるように、搭載の圧力センサの出力を取得できるようにした。

SJドライバは、第3段モータの頭部にあるB3PLに搭載される機器で、専用の28V電源（B3EMV-PS）で駆動される。駆動コマンドは、IMUのCPU PKGよりB3 I/O PKGを介してSJドライバに送られ、そこから機体外のケーブル経由でスラスタ内の電磁弁に送信される。

3. 成果の概要

M-V-5号機から7号機までの飛翔結果並びに改修経過について述べる。

3.1. M-V-5概要

(1) 飛翔結果

表4-1に、圧力と温度の測定値から算出した消費燃料実績値を示す。消費量は搭載量の約9.88%の消費であった。飛翔結果に特に問題は見られなかった。

(2) 飛翔前オペ

燃料押圧方式をブローダウン方式へ変更したが、これによりGN₂充填作業や気密試験作業を大幅に簡素化することができた。SJ圧力モニタについては、テレメータをONにしなければ実機センサで確認することが出来なかったが、機側のGSEでテレメータを介さなくてもモニタができるように変更した。タンクの温度についても、タンク外壁に地上モニタ用の温度センサを追設して、機側のGSEでモニタできるように変更した。これらにより、GN₂充填作業などの簡素化及び信頼性の向上に寄与することができた。

なお、このオペの組立時の気密試験で、試験後の圧抜き（大気戻し）が不十分であることが分かった。4号機でも同様の現象あり。これは組立時と飛翔時で、SJの上下が反対なため、組立時には燃料タンク内の燃料の自重によってブラダ（燃料を入れるゴム袋、EPR製）が注排気ポートに押し付けられるためであることが、後で分かった。SJ本体に問題の無いことを確認し飛翔に供した。また組立時の工程の見直しを図った。

3.2. M-V-6 概要

(1) 5号機との相違点

6号機以降、3段目がパーキング軌道上で長秒時のコースティングを行うため、5号機と比べて推薬消費量が異なる。5号機では燃料タンク内に燃料と押しガスGN₂を同封させていたのを、燃料の量を増やして燃料専用のタンクにし、GN₂に関しては新たにGN₂タンクを2個追加することで、長秒時の制御ができるようにした。

(2) 飛行結果

表4-2に、圧力と温度の測定値から算出した消費燃料実績値を示す。消費量は搭載量の約26.9%の消費であった。飛行結果に特に問題は見られなかった。

(3) 飛行前オペ

前述の4、5号機での気密試験後の圧抜きに関する不具合より、今号機から工程の見直しを行った。燃料タンクの気密試験のみ先行して行い、その後の全体気密では燃料タンクに加圧しないようにラッチングバルブ（手動バルブ）を閉めて行った。気密試験後に、ランチングバルブは開で保持する。

3.3. M-V-8 概要

(1) 5号機・6号機との相違

6号機と同じコンフィグレーションである。搭載計器による質量の差はある。

(2) 飛行結果

表4-3に、圧力と温度の測定値から算出した消費燃料実績値を示す。消費量は搭載量の約25.7%の消費であった。飛行結果に特に問題は見られなかった。

(3) 飛行前オペ

冬期のオペのため、気温の低下に伴う、ヒドラジン凍結が懸念されたため、局所排気装置を用いて、クリーンブースから常温空気の供給や、温度制御できる温風ヒータによる空気の供給することで、SJ周りの保温に努めた。

3.4. M-V-7 概要

(1) 5号機・6号機・8号機との相違

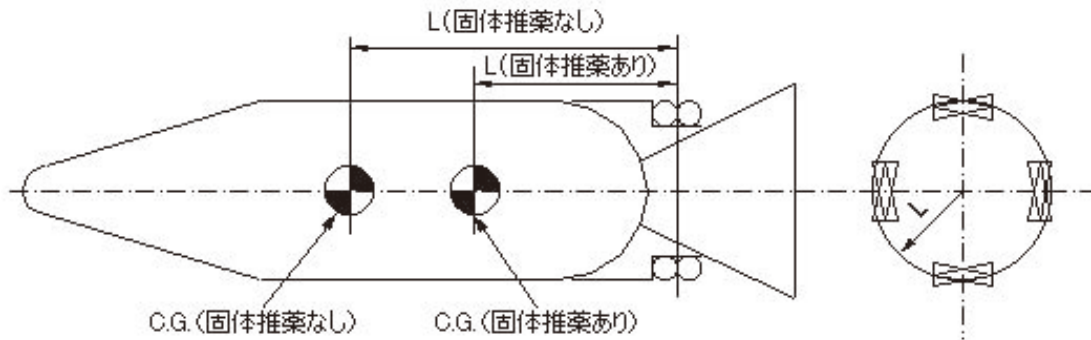
6号機・8号機と同じコンフィグレーションである。搭載計器による質量の差はある。

(2) 飛行結果

表4-4に、圧力と温度の測定値から算出した消費燃料実績値を示す。消費量は搭載量の約26.2%の消費であった。飛行結果に特に問題は見られなかった。

(3) 飛行前オペ

SJ本体に関しては、特に問題なかった。内之浦に多数落雷があったため、ヒドラジン漏洩監視システムが何度か被害にあった。



			M-V-5	M-V-6	M-V-8	M-V-7
固体 推 薬 あ り	慣性モーメント I (N·m)	Roll	7671	7667	7220	7164
		Pitch	28912	24864	17344	17360
		Yaw	29043	24942	17461	17462
	モーメント長 L (m)	Roll	0.935	0.935	0.935	0.935
		Pitch/Yaw	1.727	1.526	1.369	1.367
	質量 M (kg)		15512	13949	13156	13107
固体 推 薬 な し	慣性モーメント I (N·m)	Roll	1763	1743	1313	1243
		Pitch	13142	13689	9627	9687
		Yaw	13273	13767	9744	9790
	モーメント長 L (m)	Roll	0.935	0.935	0.935	0.935
		Pitch/Yaw	2.931	2.661	2.146	2.148
	質量 M (kg)		4709	3119	2355	2281

データは、ノーズフェアリング開頭後

図4 M-V 第3段機体諸元

表1 一液式スラスタ設計目標諸元

No.	項目	記号	単位	値	記事
1	推力	F	N	23	真空中の推力 (タンク圧力 1.96MPa の場合)
2	燃焼圧力	Pc	MPa	0.74	
3	比推力	Isp	s	210	真空中の比推力 (タンク圧力 1.96MPa の場合)
4	膨張比	ϵ	—	55.8	
5	ノズル形状	—	—	—	ベルノズル
6	圧力立ち上がり遅れ	Td	ms	42	弁開信号から圧力立ち上がりまでの時間. ただし、スラスタベットの所定温度の場合.

表2 SJ性能諸元

項目		諸元	備考	
質量	SJ 推薬あり	5号機：約 124kg 6,8,7号機：約 138kg	SJ ドライバを除く。 搭載計器などで重量が異なる。	
	SJ 推薬なし	5号機：約 111kg 6,8,7号機：約 117kg		
推薬	組成	燃料		
		押しガス		
	質量	燃料		5号機：12.6kg 6,8,7号機：20.0 kg
		押しガス		5号機：0.2kg 6,8,7号機：0.6 kg
		合計		5号機：12.8kg 6,8,7号機：20.6 kg
	トータルインパルス			5号機：約 25442kg・m/s 6,8,7号機：約 41865kg・m/s
	推薬供給機構	方式		ブローダウン方式
GN ₂ 量		5号機：8.40×1.96MPa 6,8,7号機：22.40×1.96MPa		
ヒドラジン量		5号機：約 12.50 6,8,7号機：約 19.840		
最大設計圧力		2.39MPa abs		

表3 SJ主要コンポーネント性能

	品名	性能	備考
1	GN ₂ タンク	(1)使用圧力 2.39MPaG (2)耐圧力 3.59MPaG (3)容量 10.7ℓ×2個	5号機は無し
2	燃料タンク	(1)使用圧力 2.39MPaG (2)耐圧力 3.59MPaG (3)容量 10.5ℓ×2個	ブラダ内容積：10ℓ ブラダ外容積：0.5ℓ
3	23N スラスタ	(1)推力 23 N±5% (1個) (2)比推力 約210s (3)触媒 S-405 (8号機まではshell 405) (4)搭載数量 16基	タンク圧： 1.96 MPaの時
4	電磁弁	(1)作動電圧 24～32 VDC (2)使用流体 ヒドラジン (3)保証圧力 7.35MPaG	
5	SJパイロバルブ (スクイブ付)	(1)薬量 0.24g (2)点火電流 1A×1s 以上	
6	SJドライバ	(1)電磁弁駆動回路形式 トランジスタスイッチ式 (2)電磁弁駆動回路数 16ch (3)コマンド入力インピーダンス 170Ω 以上 (4)コマンド入力信号 0V±1V：OFF時 5V±1V：ON時 (5)電磁弁オフ時サージ電圧 59V max (6)電磁弁最大駆動電流 1.0A/ch	

表 4-1 M-V-5号機SJ燃料消費状況

制御モード名称	開始時間 (X+s)	終了時間 (X+s)	スラスタ 最大同時 噴射基数	間引率	モード 時間 (s)	消費燃料 計画値(kg) <注1>	消費燃料 実績値(kg) <注2>	窒素ガス圧力変化 初期圧→終期圧 (MPa)
3軸制御 (ファイブモード)	201	204.5	4	1.000	3.5	0.15	0.092	2.003→1.983
SJ 休止 (B3 点火)	204.5	205.5	—	—	1.0	0.00	0.000	1.983→1.983
ロールハイスラスト	205.5	210	8	1.000	4.5	0.39	0.000	1.983→1.983
SJ 昇温コマンド	210	218	8	1.000	8.0	0.67	0.810	1.983→1.823
ロールハイスラスト	218	237	8	1.000	19.0	1.50	0.000	1.983→1.823
ロール90度マヌーバ	237	295	8	0.100	58.0	0.48	0.226	1.923→1.783
ロールロースラスト	295	305	4	0.100	10.0	0.04	0.000	1.783→1.783
3軸制御 (TVC 併用)	305	317	4	1.000	12.0	0.65	0.116	1.783→1.763
3軸制御 (レファレンスチェンジ)	317	359.1	4	1.000	15.0	0.84	0.000	1.763→1.763
総計	—	—	—	—	—	4.72	1.244	2.003→1.763

注 1：消費燃料計画値は、下記の条件にて算出した。

スラスタ噴射基数×噴射秒数 (s) ×間引率×スラスタ燃料流量最大値

スラスタ燃料流量最大値は窒素ガス圧力に依存。

注 2：消費燃料実績値は、等温変化において減少したGN₂一次圧から算出した。

表 4-2 M-V-6号機SJ燃料消費状況

制御モード名称	開始時間 (X+s)	終了時間 (X+s)	スラスタ 最大同時 噴射基数	間引率	モード 時間 (s)	消費燃料 計画値(kg) <注1>	消費燃料 実績値(kg) <注2>	窒素ガス圧力変化 初期圧→終期圧 (MPa)
3軸制御 (ファイモンモード)	201	204.5	4	1.000	3.5	0.15	0.00	2.108→2.108
SJ 休止 (B3 点火)	204.5	205.5	—	—	1.0	0.00	0.00	2.108→2.108
ロールハイスラスタ (ロール 90 度マヌーバ)	205.5	267	8	0.100	61.5	0.69	0.44	2.108→2.068
ロールローラスラスタ	267	306	4	0.100	39.0	0.16	0.00	2.068→2.068
3軸制御 (TVC 併用)	306	347	4	1.000	41.0	1.75	0.23	2.068→2.049
3軸制御 (レファレンスチェンジ)	347	442	4	1.000	95.0	4.07	0.71	2.049→1.989
3軸制御 (パーベキユースピン)	442	1271	4	0.150	829.0	5.00	0.25	1.989→1.969
3軸制御 (ファイモンモード)	1271	1291	4	0.100	20.0	0.80	0.00	1.969→1.969
ロールハイスラスタ (スピニアップ)	1291	1306	8	1.000	15.0	1.08	1.21	1.969→1.909
SJ 休止 (衛星分離)	1306	1307.5	—	—	1.5	0.00	0.00	1.909→1.909
ロールハイスラスタ (デスピソ)	1307.5	1316	8	1.000	8.5	1.08	0.77	1.909→1.870
3軸制御 (タンブル)	1316	1401	4	1.000	85.0	2.79	0.99	1.870→1.850
3軸制御 (ファイモンモード)	1401	1451	4	1.000	50.0	1.66	0.25	1.850→1.850
ロールハイスラスタ (再スピニアップ)	1451	1461	8	1.000	10.0	0.64	0.58	1.850→1.810
総計	—	—	—	—	—	19.87	5.43	2.108→1.810

注 1：消費燃料計画値は、下記の条件にて算出した。

スラスタ噴射基数×噴射秒数 (s) ×間引率×スラスタ燃料流量最大値

スラスタ燃料流量最大値は窒素ガス圧力に依存。

注 2：消費燃料実績値は、タンク圧力、温度の変化量から算出した。

表4-3 M-V-8号機SJ燃料消費状況

制御モード名称	開始時間 (X+s)	終了時間 (X+s)	スラスタ 最大同時 噴射基数	間引率	モード 時間 (s)	消費燃料 計画値(kg) <注1>	消費燃料 実績値(kg) <注2>	窒素ガス圧力変化 初期圧→終期圧 (MPa)
3軸制御 (ファイモート)	201	204.5	4	1.000	3.5	0.15	0.00	2.040→2.040
SJ 休止 (B3 点火)	204.5	205.5	—	—	1.0	0.00	0.00	2.040→2.040
ロールハイスタ (ロール90度マヌーバ)	205.5	267	8	0.100	61.5	0.62	0.54	2.040→2.000
ロールロースタ	267	306	4	0.100	39.0	0.27	0.00	2.000→2.000
3軸制御 (TVC 併用)	306	345	4	1.000	39.0	1.65	0.22	2.000→1.980
3軸制御 (リアレンスチェンジ)	345	465	4	1.000	120.0	4.96	0.50	1.980→1.940
3軸制御 (SJ 昇温, ロールハイスタ)	465	469	8	1.000	4.0	0.27	0.63	1.940→1.900
3軸制御 (ファイモート)	469	499	4	1.000	30.0	1.28	0.00	1.900→—
ロールハイスタ (スピノアップ)	499	518	8	1.000	19.0	1.40	—	—→—
SJ 休止 (衛星分離)	518	519.5	—	—	1.5	0.00	—	—→—
ロールハイスタ (デスティン)	519.5	524.7	8	1.000	5.2	0.54	—	—→—
3軸制御 (タンブル)	524.7	600	4	1.000	75.3	2.69	—	—→—
3軸制御 (ロールデットハント 5°)	600	890	4	1.000	290.0	OP<注3>	—	—→—
3軸制御 (RSAS 実験スピ)	890	897	4	1.000	7.0	OP	—	—→—
3軸制御 (RSAS 実験スピ, PY デットハント 50°)	897	940	4	1.000	43.0	OP	—	—→—
3軸制御 (PY デットハント 50°)	940	943	4	1.000	3.0	OP	—	—→—
3軸制御 (デスティン)	943	950	4	1.000	7.0	OP	—	—→—
3軸制御 (サブイロート用ロールマヌーバ)	950	1000	4	1.000	50.0	OP	0.00	—→—
3軸制御 (ファイモート)	1000	1050	4	0.100	50.0	OP	0.00	—→1.700
3軸制御 (サブイロート用ロールマヌーバ)	1050	1080	4	1.000	30.0	OP	0.00	1.700→1.700
3軸制御 (ファイモート)	1080	1400	4	1.000	320.0	OP	—	1.700→1.700
3軸制御 (North Pole ロールマヌーバ)	1400	1760	4	1.000	360.0	OP	—	1.700→—
3軸制御 (待機モード)	1760	4750	4	1.000	2990.0	OP	—	—→—
3軸制御 (North Pole 可視空間, ファイモート)	4750	4900	4	1.000	250.0	OP	—	—→—
ロールハイスタ (North Pole 3° LOS 手前, ファイモート)	4900	4940	8	1.000	40.0	OP	—	—→—
総計	—	—	—	—	—	—	5.16<注4>	2.040→1.700

注1：消費燃料計画値は、下記の条件にて算出した。

スラスタ噴射基数×噴射秒数 (s) ×間引率×スラスタ燃料流量最大値

スラスタ燃料流量最大値は窒素ガス圧力に依存。

注2：消費燃料実績値は、タンク圧力、温度の変化量から算出した。

注3：OPは、オプションの略である。

注4：X+1500s以降のタンク圧力、温度データがないため、参考値。

表4-4 M-V-7号機SJ燃料消費状況

制御モード名称	開始時間 (X+s)	終了時間 (X+s)	スラスタ 最大同時 噴射基数	間引率	モード 時間 (s)	消費燃料 計画値(kg) <注1>	消費燃料 実績値(kg) <注2>	窒素ガス圧力変化 初期圧→終期圧 (MPa)
3軸制御(ファイモート)	201	204.5	4	1.000	3.5	0.15	0.10	2.080→2.060
SJ休止(B3点火)	204.5	205.5	—	—	1.0	0.00	0.00	2.060→2.060
ロールハイアラート(ロール90度マヌーバ)	205.5	267	8	0.100	61.5	0.32	0.00	2.060→2.060
ロールローアラート	267	306	4	0.100	39.0	0.51	0.00	2.060→2.060
3軸制御(TVC併用)	306	345	4	1.000	39.0	1.48	0.30	2.060→2.040
3軸制御(リアレンジ)	345	456	4	1.000	111.0	4.84	0.00	2.040→2.040
3軸制御(SJ昇温,ロールハイアラート)	456	460	8	1.000	4.0	0.29	0.37	2.040→2.000
3軸制御(ファイモート)	460	509.5	4	1.000	49.5	1.97	1.78	2.000→1.860
SJ休止(衛星分離)	509.5	511	—	—	1.5	0.00	0.00	1.860→1.860
3軸制御(タンブル)	511	710	4	1.000	199.0	7.11	0.00	1.860→—
3軸制御(HITSAT用PYRマヌーバ)	710	810	4	1.000	100.0	OP<注3>	—	—→—
3軸制御(ファイモート)	810	840	4	1.000	30.0	OP	—	—→1.860
3軸制御(HITSAT撮影用Rマヌーバ)	840	890	4	1.000	40.0	OP	0.00	1.860→—
3軸制御(ファイモート)	890	950	4	1.000	60.0	OP	—	—→—
3軸制御(SSSAT用PYRマヌーバ)	950	980	4	1.000	30.0	OP	—	—→—
3軸制御(ファイモート)	980	1500	4	1.000	520.0	OP	—	—→—
3軸制御(De-orbit用マヌーバ)	1500	1800	4	1.000	300.0	OP	—	—→—
3軸制御(North Poleリンク用PYRマヌーバ)	1800	1900	4	1.000	100.0	OP	—	—→—
3軸制御(待機モードBBQスピン)	1900	4600	4	0.100	2700.0	OP	—	—→—
3軸制御(North Pole可視空間,ファイモート)	4600	5000	4	1.000	400.0	OP	—	—→1.720
ロールハイアラート(North Pole3°LOS手前,ファイモート)	5000	5040	8	1.000	40.0	OP	0.00	1.720→1.720
総計	—	—	—	—	—	—	5.27	2.080→1.720

注1：消費燃料計画値は、下記の条件にて算出した。

スラスタ噴射基数×噴射秒数(s)×間引率×スラスタ燃料流量最大値 スラスタ燃料流量最大値は窒素ガス圧力に依存。

注2：消費燃料実績値は、タンク圧力、温度の変化量から算出した。

注3：OPは、オプシヨンの略である。

表5 SJ推薬充填量

	M-V-5	M-V-6	M-V-8	M-V-7
燃料タンク B[kg]	6.33	10.10	10.06	10.06
燃料タンク D[kg]	6.26	10.06	10.03	10.06
合計[kg]	12.59	20.16	20.09	20.12

注：各タンク許容充填量 10.0~10.1[kg] (5号機のみ,6.2~6.3[kg])

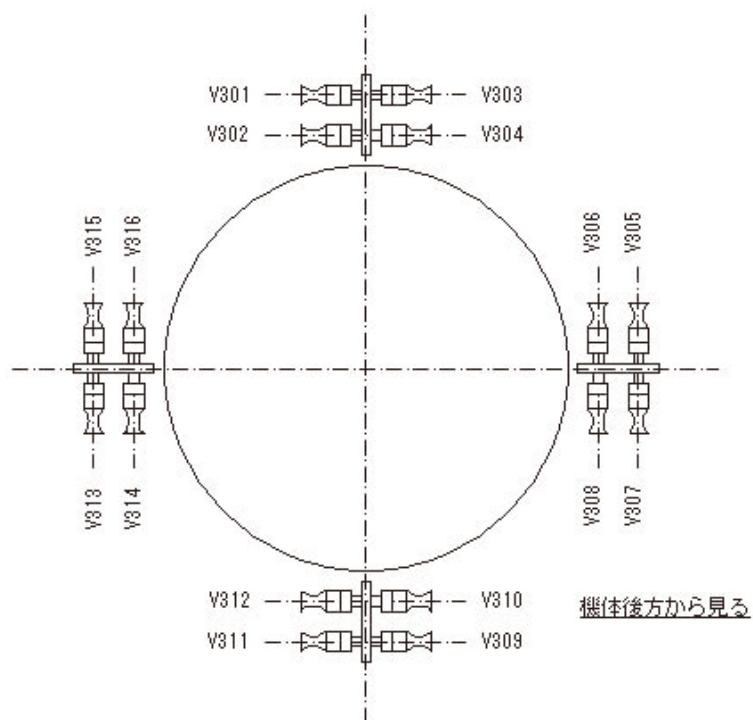


図5 SJスラスト配置図

3.5. 地上設備

1～4号機との変更点を記載する。

1) ヒドラジン漏洩検知システム

ヒドラジン検知器を高精度のものに置き換えた。検知器の変更に伴い、検知器にCEからのGN₂を供給しパージするようにした。また検知器からの信号を監視し、ネットワークを介して関係者に緊急通知ができるようにした。

2) リリーフバルブ

ブローダウン化および重量軽減・費用軽減の一環で、地上安全用のリリーフバルブは廃止した。M-V設計当初は、急激なヒドラジン分解が懸念されていたが、これまでの経験と衛星での実績から不要と判断した。

3) 圧力温度監視装置

前述のとおり、搭載の圧力センサを用いてのタンクの圧力と、タンク外壁に取り付けてある温度センサで、テレメータを介さずとも、燃料の状態をモニタすることが可能になった。

4. 次期固体ロケットへの反映事項

- 1) M組立室は、設備として室温を維持する機能が無いため、冬季のヒドラジン凍結が今後も懸念される。防爆の観点も踏まえ、常温の空気を供給することで保温する必要がある。
- 2) 落雷対策。特にヒドラジン漏洩検知システムは、信号ライン等を介して広い範囲にあるため、落雷の影響を受けやすい。何らかのガード対策が必要である。
- 3) M組立室内では、ヒドラジン漏洩検知システムが現状では働かない場所もあるので、機能を拡張して常時モニタできるようにする必要がある。

5. まとめ

SJ班不在時の、SJの推薬監視において、USC職員およびSA班の方にお世話になりました。紙面を借り、感謝を申し上げます。